

関西型パッシブ・省エネルギー集合住宅

濱 恵介

written by Keisuke Hama

はじめに

本稿は、エネルギー・文化研究所が主宰するエコ住宅研究会で実施した「関西型パッシブ・省エネルギー集合住宅企画検討」(※1)の成果に考察を加えつつ、要約・再編成したものである。

『パッシブ』という言葉が示すように、この研究は、地域の気候条件を前提条件に、自然の力を利用した省エネルギー集合住宅の可能性を追求したもので、今回は企画・構想及び建築計画的な検討成果を紹介する。

背景と構想

一九七三年の石油危機以来、各方面で「省エネルギー」が叫ばれて久しいが、家庭用におけるエネルギー消費には減る傾向が見られない。それは豊かさへの希求と実現が拡大していることに他ならない。現在、年間の家庭用エネルギー消費量は、一世帯当たり一ーギガカロリー以上と推定され、一九六五年値の二倍を超えており(※2)、地球温暖化の一要因となっている。

持続可能な社会を実現するには、それを支える住宅にお

いても、現行レベルから格段に少ないエネルギー使用を目指す必要がある。

地球レベルで見れば、大気中の炭酸ガス濃度を安定させるためには、全世界の排出量を半分以上に削減することが必要と言われ(※3)、この量は京都議定書の数値目標よりはるかに厳しい。それを世界各国で平等に責任を負うとすれば、一人当たりのエネルギー消費が、世界平均の倍以上の先進諸国では、さらに半分以上に減らす必要がある。

単純化すれば、現行の平均的水準に比べ、二酸化炭素排

出を少なくとも半分に、最終的には四分の一以下にすることが目標となる。家庭用エネルギーが全体に占める割合は二割以下だが、各分野で応分の努力をする必要がある。

様々なエネルギー消費のうち、室内気温と暖冷房に着目すれば、集合住宅は戸建て住宅に比べ格段に省エネルギー的な住宅形式である。何故なら、各住戸は互いに接し合い、外気との熱の出入りが少ないからだ。このような特性から集合住宅を検討の対象とした。

ドイツ、イギリスなどでは、暖房負荷がこれまでの水準に

比べて十分の一度の超省エネルギー型集合住宅が実現している。外壁・屋根を三〇センチメートル、四五センチメートルの断熱材で覆い、ガラスを三重にし、南面した大きな窓から太陽熱を取り入れ、高度な換気システムを備える、などが共通している(図1)。

当然、長く厳しい冬に対応した形と仕様になっているが、そのままでは日本の高温

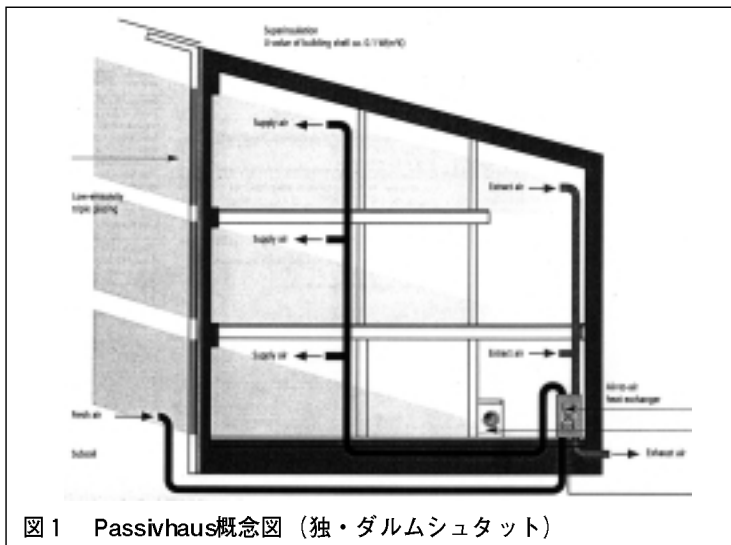


図1 Passivhaus概念図 (独・ダルムシュタット)

多湿な夏の気候には必ずしも馴染まない。

我が国の太平洋側の気候帯に属する地域では、冬の気候は比較的温和で、日射量はヨーロッパ中北部に比べて格段に多い。また、夏期には厳しい暑さと湿度を伴うので、それらをどのように凌ぐかがもう一つの課題である。

このような気候特性を有効に利用しつつ、建築性能を飛躍的に高め、新しい概念の設備を導入することにより、地域の気候条件に適した省エネルギー集合住宅が実現できないものだろうか。

日本には様々な気候帯があるが、ここでは関西地方の代表として大阪の気候を検討の前提とする。

まず外壁と窓の断熱性、気密性など建築性能の改善が有効だろう。高断熱・

高气密の条件下、冬の太陽エネルギーを効果的に蓄熱できれば、暖房及び給湯負荷が非常に小さな住宅を設計できるはずである。

夏期を快適に過ごすには、伝統的に『風通し』で涼を取ってきた。しかし、近年の都心部の熱環境は、そのような方法に頼れないほど悪化し、機械的な冷房が常識化しつつある。この点からは、いかに少ない冷房エネルギーで快適性を確保するかが課題となる。

自然エネルギーや未利用のエネルギーを有効に活かすためには、特別な設備が必要である。

この研究では、居住中の省エネルギー性を第一に考えるが、持続可能性の一環として長寿命化にも配慮する。例えば高耐久建築、躯体・内装分離、住戸規模可変などを前提として検討を進めた。

省エネルギー方策と計画条件

住宅の省エネルギーを建築と設備に大別して検討する。生活スタイルによる省エネルギーについては、窓の開閉以外、今回の報告に含まれない。

(1) 建築的な省エネルギー方策

暖冷房における省エネルギーには、外壁が高い断熱性能を持った建築であることが第一である。

窓のガラスも、従来の単層ガラスから複層ガラスに変えることで、間違いなく省エネルギーになる。

次に高气密化で、内外の空気の移動が小さくなり暖房効果が高まる。これについては、既に相当高い水準にあり、今後の課題は、室内空気質の確保と換気による熱ロスを少なくすることの両立である。

暖房には太陽エネルギーを直接利用することも重要だ。窓から日光を直接に、または屋根裏の熱を空気の流れで室内に取り込み、躯体に蓄熱することは暖房に役立つ。

冷房には断熱性を高める他に、熱を住宅内部に入れないための工夫が必要だ。パルコニーが夏の日差しを遮る庇の役割を果たす。西日よけのルーバーなども必要となる。さらに屋上や壁面の緑化などが冷房エネルギーを減少させる。

照明用電力の節約には、自然採光で日中の明るさが確保される計画が必要だ。

(2) 設備による

省エネルギー方策

設備機器による省エネルギーには、消費エネルギーが少ない器具の利用と、未利用のエネルギー源を活用する方法がある。

給湯エネルギーの削減には幾つかの方法がある。太陽熱温水器、コジェネレーションによる廃熱利用、ヒートポンプなどである。中でも太陽熱利用は、二酸化炭素の排出がゼロなので、環境負荷の低減には最も有望だ。

住宅用の電力を自前で確保するには、太陽光発電やコジェネレーションが有効だ。

いずれも分散型電源と呼ばれ、前者は設置後の環境負荷がほとんどなく、後者は廃熱の利用でエネルギー効率が高まる。密度の低い郊外型(中層)住宅では、一戸当たりの屋根面積が広く、太陽光発電の可能性が高い。高密度な都心型住宅では、コジェネレーションの方が実用的だろう。中でも家庭用の燃料電池の実用化に期待がかかる。

省エネルギー設備の検討は第二段階として進行中であり、内容は機会を改めて報告

(3) 立地毎の住宅形式

省エネルギーの効果を実現的な形で理解するため、住宅モデルを想定する。集合住宅には様々な立地と形態があるが、ここでは典型的な形式として『都心型』(図2)と『郊外型』(図3)の二つのモデルを設定した。

立地イメージは、都心型を大阪市中心部の業務・商業地域、郊外型を大阪府下の建て替え団地を想定した。構造はいずれも鉄筋コンクリート造り、住宅階高は三メートルである。

熱環境・省エネルギー予測

建物の配置や建築性能により、一定程度まで快適な室内環境になれば、それを最適室温に移行させるエネルギーは少なくて済む。室内の熱環境

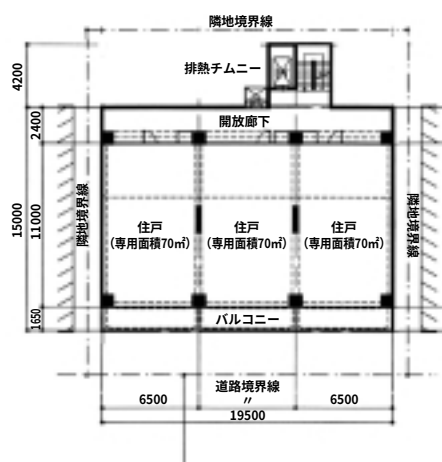


図2 都心型 平面図

(※) 都心型：500㎡程度の画地、10階建(高さ約30m)、容積率400%程度、間口6.5m、1～3階は施設利用を想定、規模・用途可変

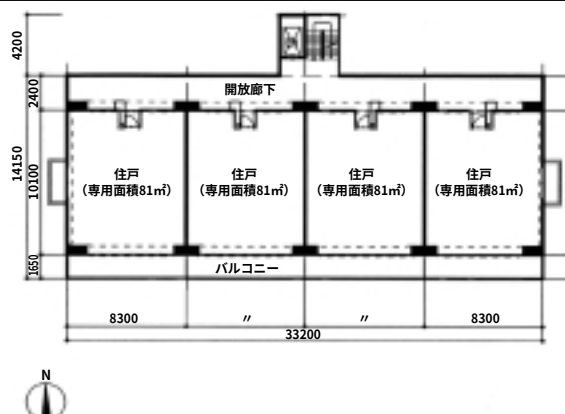


図3 郊外型 平面図

(※) 郊外型：建替対象の住宅団地、4階建、EV付、容積率100%程度、間口8.3m、規模可変

と暖冷房における省エネルギーは、表裏一体である。

今回の検討では、現実的かつ単純な建物形状をベースに、断熱性などに関する条件を変化させながら、室内の自然気温や最適室温を確保するために必要な熱量の変化を確かめることとした。

どのような性能改善が、どの程度の省エネルギーに寄与するかを知るには、パソコンによるシミュレーションが有効である。

ソフトは今回の検討目的に最適な「ソーラーデザイナー」を採用した。システム設計者の一人である小玉祐一郎氏が研究会のメンバーなので、その特性や限界を知りつつ作業することができた。

主な機能は、指定する都市の気候条件を前提に、ある月の典型的な三日間における自然室温の変化、設定温度を保つための暖冷房負荷熱量と室温変化などの予測である。それには太陽熱の取得や躯体への蓄熱などが含まれる。

作業手順は、建物形状、開口部や庇の位置・大きさ、壁・窓の断熱性能などの条件を入力し、演算を繰り返し返し、

最適解を探す。

建物形状の操作画面の例を図4に示す。間口寸法、開口部面積、バルコニーの出方などを数値入力すると同時に模式図が追隨する。

シミュレーション結果

『都心型』、『郊外型』それぞれについて、条件を変えながらシミュレーションを行った。その全貌は紙面に掲載できないので、代表例として都心型の中間階、端部住戸を中心に紹介する。

省エネルギー効果をここでは『省エネ率』で表している。これは、暖房時は一八℃、冷房時には二七℃を保つのに必要な空調負荷(補助暖房、除去熱量)の低減度合いを示す。断熱性は、一般的な仕様との比較を容易にするため、発泡ポリスチレン(以下F Pと略称)の厚さで表す。

(1)内断熱と外断熱
躯体の外側から断熱材を施す外断熱そとだんねつ方式は、外気温が躯体に及ぼす影響が少なく、蓄熱効果による室温の安定が期待できる。また、結露が起きにくく、断熱材の厚みにより内部空間を圧

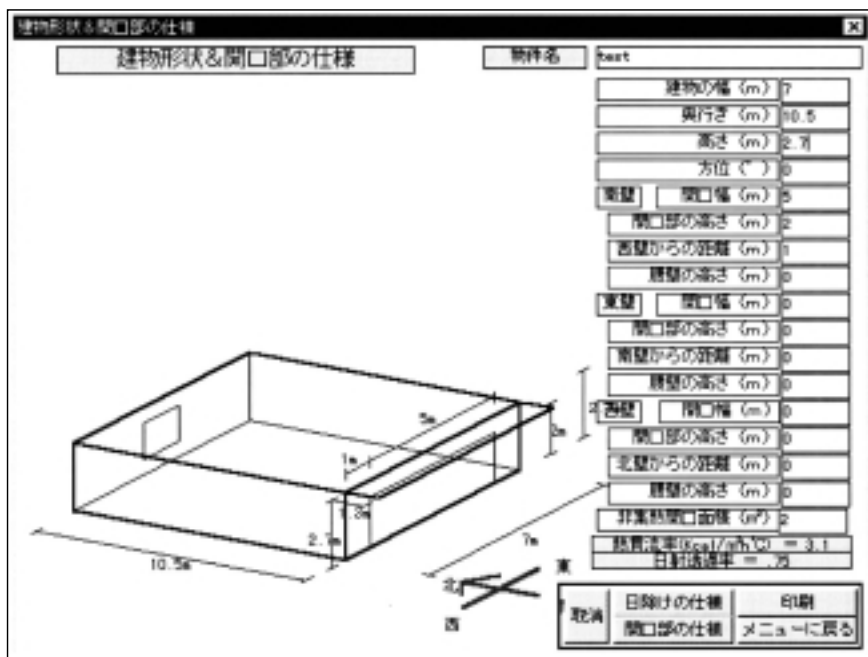


図4 基本操作画面 (1住戸ユニットを表示)

迫することがないなど、様々な利点がある。

断熱材の厚みを変えずに外断熱化した場合、暖房負荷は五パーセントの低減にとどまり、顕著な改善とは言えない。それでも室温の安定には、外断熱が優れている。次の断熱

性能改善と併せて実施するのが効果的である。

(2)断熱の効果

外断熱・単層ガラスの条件下で、外壁の断熱材をF P二五ミリから五〇ミリにすることで約一パーセントの暖房負荷低減がみられる。F P一

○ミリとした場合、これが約二〇パーセントとなる。これを内断熱二五ミリと比較すれば、約二四パーセントの省エネ率となる。

一方、冷房負荷については、ほとんど改善効果が見られない。これは本来に効果がないのか、それとも内断熱の場合、躯体の蓄熱量が算入されないという計算ソフトの限界なのか検証はできていない。

(3) ガラスの仕様の効果

ガラスの複層化の効果は、壁の断熱材を増やすことよりも顕著である。ガラスのみの改善でも二四パーセントの省エネルギー効果が認められる。

外壁断熱の効果を加算すると、外断熱五〇ミリの場合は四〇パーセント、一〇〇ミリの場合は四八パーセントの省エネ率となり、暖房負荷が半分近くに低減することが予測される。

(4) 気密性と換気

気密性を換気回数で一時間一・〇回から一・五回に高めると、その効果は暖房負荷の省エネ率で一九パーセントとなる。断熱性能の向上とガラス複層化とともに、全体の効果は加算され、外断熱一〇〇

ミリの場合、省エネ率は六八パーセントに達する。つまり外壁の断熱性向上、ガラスの複層化、気密性向上の三点の改善で、暖房負荷が約三分の一程度になることを示している。

ただし、換気回数は少ないほど良い訳ではなく、空気質を担保する適切な換気装置が伴う場合にのみ、これらの数値には意味がある。

一方、冷房時の効果を見てみると、窓を閉じて空調で適温を保とうとする場合、断熱の効果はほとんどない。むしろ、気温の下がった夜間に、積極的な換気を行うことの方が、圧倒的な効果がある。

夜間換気はそれだけでも冷房負荷を半減させ、夜の気温が下がる郊外で、より効果が大い。郊外型において、これを外断熱対策と併用した場合、単層ガラスの場合でも約六四パーセント、複層ガラスの場合約七二パーセントの省エネ効果がある。

夜間換気は通常の生活で行われ得ることであり、実際はこれほどの数値は期待できないが、このような特性を正しく理解し、冷房装置を働かせ

ることが省エネルギーにつながる。

(5) 間口・奥行き・開口部

間口・奥行き比の異なる都心型(六・五×一一・〇メートル)、郊外型(八・三×一〇・一メートル)の端部住戸で、床面積一平方メートル当たりの暖房負荷を比較すると、一〇・二三パーセント郊外型が都心型より大きい。外壁とガラスの断熱性が優れている方が差が少ない。

単純化すれば、間口が狭く奥行きが深い方が暖房負荷で省エネ性が高い。大きな窓からの日照受熱よりも、外壁やガラス面が広がることによる熱ロスが大きいため、その傾向は単層ガラスに顕著に現れる。

しかし、このことは、浴室や台所に窓がないことや、通風・採光性の良否と裏腹の関係にあり、総合的な居住性とは別な次元の評価である。窓のない空間の照明や換気に要するエネルギーは算入されていない。

(6) 庇・バルコニーの出幅

設計の前提としてバルコニーの出幅(奥行き)を一・六五メートルとして検討したが、

これを二〇センチメートル短くすることで、暖房負荷が約四パーセント少なくなる。日照の阻害要素が少なくなるためである。広いバルコニーは、生活空間としては望ましいが、暖房負荷を大きくする。なお、夏の真昼の日射を遮るには、一・一メートル以上の出幅があれば十分だ。

投資効果の試算

省エネルギー対策をより現実にするため、暖房に要するエネルギーの節減によって、投資する工事が回収できる年数を試算した。計算は住棟各部の住戸毎に行い、一棟分に合計した。

工事費については、材料費のみが増減すると想定した(複層ガラス化一二万円/戸、一〇〇ミリ外断熱化三一万円/戸と推定)。

また、エネルギー価格は、大阪ガスの基準単位料金(※4)を用い、暖房設備の総合効率は七五パーセントとした。快適暖房温度一八℃を二四時間保つ条件にした。金利、及びエネルギー単価変動は含んでいない。

計算結果は、

(1) ガラスの複層化…二・二年。
(2) 外壁の断熱を内断熱F P 二五ミリから外断熱五〇ミリに…三三・九年、同一〇〇ミリ…三〇・二年。

(3) ガラス複層化と断熱性向上の併用、外断熱五〇ミリ…二〇・五年、外断熱一〇〇ミリ…二〇・九年。

つまり、ガラスを複層化することの投資効率が低い。外壁の高断熱化は、ガラス複層化と併用してこそ効果が高い。二〇・三〇年を長いと見るか、短いとみるかは住宅の寿命にかかっている。百年を目指す集合住宅ならば寿命の四分の一程度だ。

ただし、この試算の前提条件には、注意すべき点がある。現実には暖房ゾーンと非暖房ゾーンがあるが、この試算では、一住戸内を均質な暖房ゾーンとして扱うことである。この点を正確に把握できれば、暖房エネルギー消費量は、より小さくなり、原価回収の期間は長くなり得る。

しかし、原価回収の長さが、断熱性の抜本的向上のメリットを否定することにはならない。何故なら、第一に、断熱による居住性の向上はコスト

評価に入りにくい、確実に得られる利益だからである。第二に、原価回収の目処は実現性の問題であり、省エネルギーによる環境負荷の低減は、健全な社会の存続がかかっている根本的課題なのだから、これらと同じ次元で比較すべきでない。

まとめ

以上の検討から、大阪の気候条件に適したパッシブ・省エネルギー集合住宅の基本的条件及び配慮事項は、以下のようによ約される。『関西型』として検討してきたが、これらの原則は、日本中部部の太平洋側の地域なら共通して言えることであろう。

(1) 建築計画

集合住宅の省エネルギーには、建物の方位、住戸の間口・奥行き、階高、ガラス面の大きさなどの決定が基本にある。建築計画の時点で省エネルギー性の大枠が決まることは、建築意匠の設計者が、熱環境に関する基本的な判断力を持つ必要性を意味する。

集合住宅は戸建てに比べて保温上有利だが、その特性を一層確実なものにするため、

床面積当たりの建物表面積を無駄に広げないことも必要である。

ただし、奥行きが深く巨大な住棟は住みやすい住宅にはなり難い。適当な棟の長さ、階数、間口と奥行き比、開口部などは、防犯性、個別性、採光・通風など基本的な居住性を担保するのが不可欠だからだ。

日本の夏には、南側の日射を遮蔽するためならば開放型バルコニーが優れている。一方、冬には、幅の広いバルコニーは日照の阻害要素となる。半屋外の居住空間が欲しい場合は、冬は屋内化したサニールームが受熱に有利である。そのような設計ができれば、バルコニーの熱橋(※5)問題も解決する。しかし、現実には隣戸避難や防火区画など法的な制約があり単純ではない。

(2) 外壁の高断熱化

躯体蓄熱による省エネルギーと室温安定、及び性能の抜本的向上のためには、外壁の外断熱化が有効である。

理論的には優れた外断熱工法だが、普及していない。安価で信頼できる工法がまだ確

立されていないからであろう。防・耐火性能の解釈もネックになっているといわれ、技術的な支援制度も望まれる。

もともと集合住宅外壁の断熱は、『防露壁』として発展してきた。省エネルギーについては、基準に適合することを確認する程度の附随的な扱いをされ、性能を飛躍的に引き上げる必然性はなかった。

地球温暖化防止を視野に、暖房負荷の半減を目指すには、少なくとも屋根、最下階の床、北側と端部の外壁に外断熱、断熱材F P 一〇〇ミリという水準を実現したい。開口部の多い南面の壁は、この半分程度の性能でも大差はない。

(3) 窓ガラスの複層化

費用に対する省エネルギー効果の大きさから、ガラスの複層化は最優先すべき方策と言える。得られる利点に比べ欠点は少ない。コストの問題も一般化により解決されよう。

一戸建て工業化住宅では、複層ガラスが標準化していることを思えば、集合住宅での複層ガラス化は遅れている、と言わざるを得ない。

ただし、立地条件や使用部位により、網入りガラスなど



の防火仕様を要求される。そのような複層ガラスのコストは割高となる可能性があるが、これも普及が問題を解決するはずだ。

(4) 気密性と換気

最近の新築集合住宅の換気回数は一・〇回/時を既に下回っていると見られ、さらに大幅な気密性向上の必然性はない。

一方、所定の空気質を確保しつつ省エネ性を確保するには、熱回収型の換気システム

が必要であり、投資効果に見合う適当なシステムが求められる。

これに対し、冷房時の省エネルギーには、夜間換気を積極的に行うことが有効だ。郊外ではこの効果に期待できる一方、都心型では騒音や大気汚染など温度以外の問題も大きい。都心立地において冷房負荷低減のためには、都市全体のヒートアイランド現象を緩和するマクロな施策が不可欠と思われる。

おわりに

幾つかの未解明要素はあるものの、高度な断熱性を備えた集合住宅が、関西の大都市地域において優れた省エネ性を発揮することが明らかになったと思う。暖房負荷に限って見れば、目標として掲げた半減は達成できそうだし、四分の一にする可能性も見えてきた。

環境負荷の大幅な低減とともに居住性の向上が可能とな

る、このような建築に、省エネルギー設備を備えた集合住宅の実現を望んでやまない。CEL

研究所 研究主幹

(※1) 作業・KBI計画・設計事務所、森山佳嗣・李成海、二〇〇一・七

(※2) 住環境計画研究所

(※3) 気候変動に関する政府間パネル第二次報告書(地球温暖化の実態と見通しP二四、六八、気象庁訳)

(※4) 認可された基本となる単価(二

二・六六円/立方メートル、B種、一九九九・二)、原料費調整後の料金は二〇・三八円(二〇〇二・一)

(※5) 本来断熱したい部位にある熱の抜け道